



環境儀

NO. 74 September 2019

国立環境研究所の研究情報誌



アジアの研究者とともに築く脱炭素社会 統合評価モデル AIM の開発を通じた国際協力



温室効果ガスの排出量が急増するアジア各国では
多様な背景を持つために
目標達成への道のりはそれぞれ異なります。
自らモデルを使って将来像を描き、
一緒に議論することが大切です。





気候変動によって引き起こされる洪水や干ばつなどの自然災害は、世界の社会や経済に大きな影響を与えると予測されています。こうした問題は世界の温室効果ガス排出量の増加が原因です。なかでもアジア各国では、経済の発展とともに温室効果ガスの排出量が急増しており、緊急の対策が求められています。

2015年に合意されたパリ協定によって、世界の大多数の国が脱温暖化社会の実現に向けて合意し、動き出しました。地球全体の平均気温の上昇を、産業革命以前比べて2℃より十分低い水準に抑えるという「2℃目標」の実現には、21世紀後半に世界の実質的な温室効果ガス排出量を概ねゼロにしなければなりません。さらに1.5℃未満に抑えるという「1.5℃目標」の場合は、2050年頃には排出量を実質ゼロにする必要があります。こうした状況は、先進国、発展途上国の区別なく、すべての国が温室効果ガスの排出量ゼロを目指した取り組みを進めることを意味します。

国立環境研究所では、すでに1990年から温室効果ガス排出量の予測、対策や影響を評価するための統合評価モデル「アジア太平洋統合評価モデル (AIM: Asia-Pacific Integrated Model)」の開発に取り組み、アジアの国々とともに発展させてきました。さらに、AIMを通じた人材育成を行い、アジアの持続可能な発展に貢献しています。

CONTENTS

アジアの研究者とともに 築く脱炭素社会

統合評価モデル AIM の開発を通じた国際協力

- Interview 研究者に聞く
アジアの持続可能な発展に貢献する
..... p4 ~ 9
- Summary
アジアの持続可能な発展に向けて
..... p10 ~ 11
- 研究をめぐって
科学と政策をつなぐ統合評価モデル
..... p12 ~ 13
- 国立環境研究所における
「AIM モデルの開発に関する研究」の
あゆみ p14

アジアの持続可能な発展に貢献する

気候変動によって引き起こされる洪水や干ばつなどの自然災害は、世界の社会や経済に大きな影響を与えると予測されています。こうした問題は世界の温室効果ガス排出量の増加が原因です。なかでもアジアでは経済の発展とともに温室効果ガスの排出量が急増しており、緊急の対策が求められています。

国立環境研究所では、1990年から温室効果ガス排出量の予測や対策、影響を評価するための統合評価モデル「アジア太平洋統合評価モデル (AIM : Asia-Pacific Integrated Model)」の開発に取り組み、アジアの国々と協力して発展させてきました。さらに、AIMを通じて人材を育成し、アジアの持続可能な発展に貢献しています。

エネルギー需要から気候変動の影響まで 多様な将来像を評価する

Q : AIMとは何ですか。

増井 : AIMは、社会、経済活動から温室効果ガスの排出や蓄積、気温上昇など環境の変化や気候変動による影響を分析するためのコンピュータシミュレーションモデルの総称です。国立環境研究所が中心になって開発してきました。このモデルは、気候変動の問題に対する政策などの評価や大気汚染など他の環境問題の

分析にも使われています。

Q : いつから開発しているのですか。

増井 : 1990年からです。国立環境研究所と京都大学の5人の研究者が中心になり、将来は地球温暖化対策にこのようなモデルが重要になるだろうと始められました。当時、通産省(現在の経産省)も地球温暖化対策を検討していましたが、エネルギーを作る側の取り組みが中心でした。そこで私たち環境庁(現在の環境省)の研究機関としては、交通や家庭などエネルギーを使う側の取り組みが重要と考え、こうした活動に焦点をあてた需要モデルをつくることになりました。

AIMが注目されるようになったのは1997年に京都で開催されたCOP3(国連気候変動枠組条約第3回締約国会議、京都会議)です。このCOP3で、2010年までの温室効果ガス削減量の目標を定めるためにAIMが使われました。まだモデルが政策にどのように使えるか、政策決定者にあまり理解されていなかったので、AIMの計算結果をもとに議論するのはかなり大変だったようです(「研究をめぐって」参照)。

Q : お二人がAIMの開発や研究に携わったのはいつからですか。

増井 : 1993年に学生インターンとして国立環境研究所の故森田恒幸先生にお世話になり、AIMの開発の様子を拝見しました。学位取得後、1998年に国立環境研究所に入所してからAIMの開発や改良に取り組んでいます。AIMは温室効果ガス排出やその影響の評価に関する様々なモデルから構成されるのですが、私はその中の経済モデル(コラム4参照)の開発やそのモデルを使った評価を研究しています。

花岡 : 私は2004年に入所してから、AIMに取り組み、おもにエネルギーを中心としたエンドユースモデル(コラム3参照)を担当しています。増井さんの経済活動を評価する経済モデルと私の技術を評価するエンドユースモデルは、補完しあっています。この二



増井 利彦(ますい としひこ)

社会環境システム研究センター(統合環境経済研究室)室長



花岡 達也(はなおか たつや)

社会環境システム研究センター(統合環境経済研究室)主任研究員

つのモデルをAIMの軸として、さらに環境省やNGOなどのステークホルダーのニーズにあわせて様々なモデルを開発しています。

時代やニーズにあわせた身近なモデル

Q：どんなニーズがあるのですか。

花岡：時代によって変わります。以前は地球温暖化や大気汚染などの評価が多かったのですが、国連でSDGs(持続可能な開発目標)が採択された後は、水や食糧など持続可能な開発の評価に向けたニーズが増えています。

増井：SDGsには、環境や社会、経済に関わる目標が取り上げられており、それらの課題に対する分析にも取り組んでいます。SDGsの目標を達成するために、私たちがどのようなことをすればよいかをモデルを使って計算し、その結果を示すことが、新たなライフスタイルの提案につながることを期待しています。

Q：モデルというと難しそうですが、意外に身近なものなんですね。

増井：そうなんです。AIMが身近なことを多くの人に知ってもらいたいですね。

花岡：私が研究しているモデルでは、どんな自動車に乗っているか、どんな家電機器を使っているか、など身近な情報が重要です。技術の選択は、エネルギーの使用量や温室効果ガスの排出量にかかわりますからね。ただ、いろいろな技術を加味していくと、モデルがどんどん複雑になるので、どこまで簡略化するかを決めることがむずかしいです。簡略化すると社会全体を把握しやすくなるのですが、簡略化しすぎると専門家にとっては物足りないモデルになります。また、詳細なデータによる複雑なモデルは長期予測には向かないので簡略化の程度が重要です。

Q：技術の進歩は気になりますか。

花岡：はい。たとえば、電気自動車を普及させて、ガ

コラム①

モデルと政策決定：モデルの意義と限界とは

近年、政策決定において「科学的根拠に基づく政策決定(Evidence Based Policy Making: EBPM)」という考え方が強調されるようになり、温暖化対策を含めた政策全般に使われるようになってきました。この考え方の科学的根拠を支えるのが「モデル」といえます(図1)。

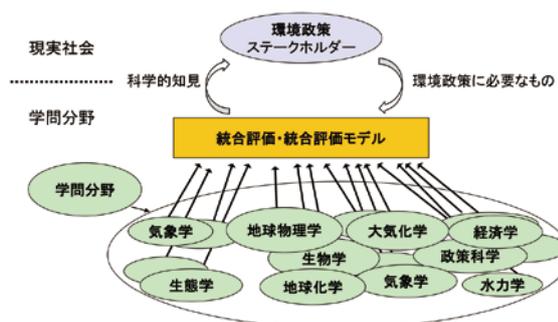
モデルとは、現実の社会から分析対象となる要素を取り出し、それら分析対象を最もよく説明できる理論、例えばAIMの場合には、経済学等の理論に関連付けて構築したものです。モデルの特徴は、現状の解析を通じて分析対象に含まれる要素間の関係性を明らかにできることと、将来予測や、代替案の提示も可能になることです。

ただし、モデルは万能ではありません。モデルは、現実社会のすべての要素を取り上げることはできず、現実社会のある側面のみを切り取って作られます。また、モデルの基礎となる理論について、どの理論を用いるかはモデル開発者の意思によります。つまり、モデルに用いる理論やその理論にもとづいて取り上げる要素など研究者が選択する場面が多く含まれているため、モデルを用いた分析ではきちんとした説明が必要となります。

こうした様々な問題を理解した上で、モデルを政策決定に用いることが重要です。「モデルはブラックボックス」と批判されることがありますが、それではEBPMに込めているとは言えません。先に述べたように、きちんとした説明のもとにモデルを用い、さらに結果をきちんと解釈できることが、EBPMにおいては重要です。

1997年に京都で開催されたCOP3では、第一約束期間(2008-2012年)の温室効果ガス排出削減目標が議論されました。そのとき、米国は、日本との時差を利用して、会議が中断されている夜中のうちに、本国でモデルを使って前日に議論した削減目標の米国への影響を計算しました。会議が再開される朝には、日本にいる交渉官に計算結果を伝え、他国との交渉の材料にしていたそうです。残念ながら、日本ではこうしたモデルの使われ方の例はありません。

日本の温室効果ガス排出削減目標の議論に、モデルが活用された例もあります。詳しくは、「研究をめぐって」で紹介しますが、残念ながらEBPMという意味では、現在は後退した状況にあるといえます。



■ 図1 環境政策を支援するツールとしての統合評価・統合評価モデル
気候変動問題の解決には様々な学問分野の知見が必要です。そうした知見をとりまとめ、環境政策に必要な情報を、政策決定者をはじめとするステークホルダーに提供するのが統合評価モデルの役割です。

ソリン車やディーゼル車の利用を減らそうとする世界各国の政策の行方や、その場合に充電設備やバッテリーのための資源が足りるのか、などが気になります。技術は進歩し、どんどん変化していくので、その時代の技術に合わせたAIMの改良が必要です。

自主性を重視する

Q：アジア各国と共同でAIMに取り組んでいるのはなぜですか。

増井：AIMの特徴はアジアに注目し、各国の研究機関とのネットワークにもとづいているところです。私たちは、AIMをアジア各国に提供し、将来のシナリオづくりや気候変動政策に役立ててもらおうようにしてきました。AIMの開発が始まったころから、将来アジア諸国では、経済発展が進むと二酸化炭素の排出量も急増すると考え、アジア地域をカバーするモデルづくりを進めてきました(図3)。

これまでの欧米によるアジア支援は、アジアの国々にデータを集めてもらい、先進国のコンサルタントがデータを解析することが一般的でした。でもそれでは、

現地の人材は育たず、解析のノウハウも残らないので、ずっと先進国の支援に頼らざるをえません。将来の温室効果ガスの排出量の推計や将来予測などは途上国自身が行い、温暖化対策につなげることが重要です。そこで、そのためのツールを提供し、現地の研究者と一緒に議論することが各国の発展や温暖化対策に貢献すると私たちは考えています。特に、パリ協定では、自国の排出削減目標の見直しや長期戦略の策定など、途上国自らが取り組むことの重要性が増しています。

花岡：自主性を重視するのは、自分たちで取り組みに関心が高まり、長く続けてもらえると思うからです。各国の研究者は自国の状況に応じてAIMを改良し、計算します。とはいえ、モデルを入手したからといって、すぐにそれを使えるわけではありません。そこで、モデルの改良や分析ができるように、AIM国際ワークショップを毎年開くとともに、人材を育成するためのAIMトレーニングワークショップを行っています。

Q：気を付けていることはありますか。

花岡：なるべくそれぞれの国の人が自主的にモデルを使えるようにすることです。一方で、この分野は政治

コラム②

AIMにおけるアジアを対象とした人材育成の歴史： なぜ人材育成が必要なのか？

2015年に合意されたパリ協定で示された「2℃目標」や「1.5℃目標」の実現には、今世紀中に世界の実質的な温室効果ガス排出量をゼロにする必要があります。こうした状況では、発展途上国も例外ではなく、温室効果ガス排出量の実質ゼロを目指した取り組みが求められます。

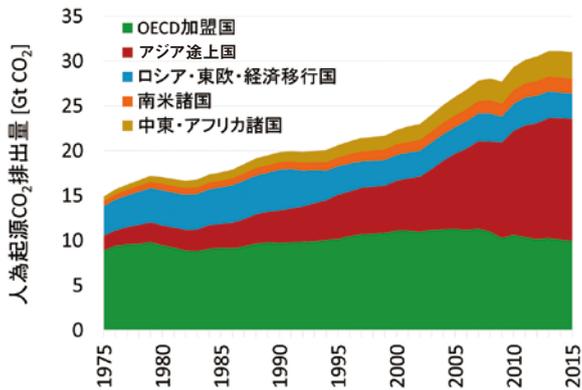
しかしながら、これまでに多くの発展途上国が提出した排出削減目標は、GDPあたりの排出量に対する削減率や温暖化対策をとらない「なりゆきシナリオ」による排出量に対する削減率を目標に掲げる国がほとんどで、ゼロ排出には程遠い状況です。各国のゼロ排出のビジョン(将来像)とその実現に向けたロードマップ(行程表)は、各国の社会、経済的な目標や再生可能エネルギーの利用可能性などと整合性があることが必要です。こうしたビジョンやロードマップの作成において、モデルは必要不可欠なツールとなります。

国立環境研究所のAIMチームは、本来、国のビジョンを描くのは、その国の人たちであるべきと考えています。各国の長所や課題を最もよく知っている各国の人たちが自ら議論し、ゼロ排出を実現するビジョンやロードマップを明らかにすることが重要です。このため、人材育成の観点からも、私たちはモデルのひな形を各国の研究者に提供して、モデル開発に必要なデータの収集から、それをういたモデル開発、開発したモデルによる将来推計、さらに様々な政

策の評価までを、実践してもらっています。これまでに、中国、インド、韓国、インドネシア、タイ、ベトナム、マレーシア、カンボジア、ブータン、ネパール、スリランカ、ラオス、台湾の国や地域からトレーニングや研究所の特別研究員、研究生等として、人材を受け入れてきました(図2)。こうした人材が母国に戻って、気候変動政策のリーダーとして活躍している例も出始めています。さらに、参加者がその教え子を国立環境研究所に派遣するという新しい循環も生まれつつあります。



■図2 2019年までに国立環境研究所AIMチームが研究者を受け入れたり、トレーニングを行ったりした国や地域



出典) IEA (2018) CO2 emissions from fuel combustionから筆者が作図

■ 図3 世界のCO₂排出量の増加

的な議論に関わることもありますので、政治に関してはできるだけ中立的な立場で進めるように説明し、指導しています。

増井：1995年度からAIM国際ワークショップを、2002年度からはトレーニングワークショップも毎年行っています(図7)。当初は、アジアの方々を日本に呼んでトレーニングをすることが多かったのですが、近年では私たちが現地へ赴き、ワークショップを行っています。日本に来るとなると人数が限られますが、現地ではたくさんの人が参加してくれます。

各国の状況に合わせたトレーニング

Q：トレーニングはどのような工夫をしていますか。

増井：現地の人が使えるように、また現地のパソコンでも使えるようにAIMを開発してきました。現地のニーズに合うようインターフェイス(入出力画面)も改良しています。

花岡：アジアの国々では予算に制限があるので、高額のソフトやデータ、計算機などを使ってAIMを開発すると、普及しにくくなります。現地のニーズに合わせて簡略化することが重要です。

増井：近年ではパソコンの性能が高くなり以前よりずいぶんやりやすくなりました。トレーニングの内容も参加者に合わせて変えています。初心者や行政に関わる人向けには、AIMの概要を一通り説明し、プログラミングなどには深く触れません。中級、上級者にはより専門的に、目的に合わせてプログラミングも含めてトレーニングします。トレーニングの目的をあまり理解していない参加者には、関心を持ってもらうようにやり方を考えます。

花岡：英語が不得手な参加者の中にはどの程度理解しているのか、教えている側にはよくわからない方もいるので、トレーニングが役立っているのか不安になる

ことがあります。

増井：その点、現地でのトレーニングワークショップでは、参加者たちがその国の言語でもコミュニケーションできるので安心です。お互いに教えたり、確認したりしているので、たとえ英語がわからなくても学ぶことができます。英語が苦手でもプログラミングなど特定の専門分野が得意な人がいる場合は、専門的な内容も議論できます。

Q：どんな苦労がありますか。

増井：必要なデータを集めることに苦労します。日本はたくさんの統計データがそろっていますが、アジアの国々では目的のデータがあまり集まらないことがあります。

花岡：集めたデータを使って計算したら、ほかの計算結果と全然あわないこともあるので、データ入手の制約に応じて計算方法を改良することも考えます。そのためにも、現地の人々とのコミュニケーションが大事です。

Q：国によってデータは違うんですか。

増井：はい。ブータンは小さい国ですがしっかりした統計データがあります。一方、中国は多くのデータがあっても、解析に必要な肝心なデータを外国人は入手できないことがあります。国によって様々な事情があるので、そこは現地の人にまかせるしかありません。

花岡：中国では全土を網羅するモデルをつくってききましたが、中国は国土が広く地域ごとに社会経済の状況や得られるデータに違いがあります。そこで、省別や南北あるいは沿岸・内陸など地域や経済状況などの特徴を考慮したモデルになるように改良してきました。このように、中国やインドなどではAIMをもとに独自のモデルを開発しています。ただ、地域のデータを国全体で集計すると、合計値は国の統計値と一致しないといった問題が生じ、その調整作業が必要です。

広がるネットワーク

Q：アジアからたくさんの研究者がきていますね。

増井：トレーニングワークショップのほか、アジアの若手研究者を特別研究員(ポスドク)として受け入れています。トレーニングを受けた学生が自国で学位取得後、国立環境研究所に来る場合もあれば、日本の大学院に留学して、学位取得後にAIMに参加する場合があります。また、日本に留学した大学院生をリサーチアシスタントとして受け入れ、研究してもらう場合もあります。これもAIMを通じた人材育成のひとつです。

花岡：1993年にはじめて受け入れた外国人研究者は韓国出身で、国際共同研究を開始した20年前に最初

に来たのは中国とインドの研究者でした(9ページ囲み参照)。これらの方もいまは、母国に戻って脱炭素社会の実現に向けた対策に関わる研究者として活躍されています。また、来日した研究者が母国に戻って研究を続け、今度は教え子である若手研究者を派遣してくれる場合もあります。

増井：来日した研究者に母国でも研究を続けてもらうことは個々の事情で難しい場合もありましたが、ようやくよい循環ができて、ネットワークが広がってきました。種をまいて実がなるのと同じで、種をまき続けているという感じですね。

花岡：ポストクの受け入れでは、自身の持っているデータや知識に合わせて研究できるように工夫しています。せっかく日本でトレーニングを受けたのに母国に戻って研究をやめてしまう事例が続くと、受け入れる私たちの研究も途切れてしまいます。でも、最近では研究者が育ち、少しずつ成果が見られ、やってきてよかったと感じます。人材の育成には時間がかかるので、あせらずにやっつけていこうと思います。

増井：人材育成は長い目でみる必要がありますが、外部から研究資金を得たプロジェクトでは短期間に成果を求められるものもあるのでジレンマがあります。

これからも長く続けていきたい

Q：AIMのトレーニングに関わる日本人の職員は何人くらいですか。

増井：所内の職員は私たちのほか5人です。所内のポストクや所外でAIMの開発に関わる人数もあわせると30人くらいですが、スタッフは足りないですね。

花岡：AIMに関わる分野は範囲が広いので、みんな分担しながら進めています。日本人スタッフが足りないで、ポストクやリサーチアシスタントにも手伝ってもらっています。

Q：20年やってきて、変化はありましたか。

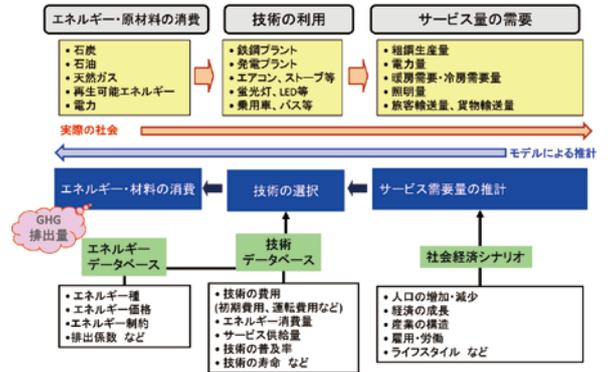
増井：トレーニングを受ける人々は、年々知識が豊富になり、意識も高くなっています。ただ、受け入れる日本のほうでは、相変わらず手続きが煩雑で苦勞しています。今後、書類を英文にするなどの工夫が必要で

コラム③

AIM を構成するモデル 1：技術選択モデルの概要

私たちの社会では、エネルギーや資源を使って、様々な機器や設備を動かし、生活や生産に必要な「サービス」を得ています。このような機器や設備の技術に着目した分析によるモデルを、技術選択モデル(AIM/Enduseモデル)と呼んでいます(図4)。

技術選択モデルでは、実際の社会でのエネルギーや資源の使い方とは逆の流れで将来推計を行います。まず、機器や設備を利用して得られる「サービス」を定義し、将来の「サービス需要量」を推計します。例えば、車の場合は移動して運ぶことができる量(旅客輸送量や貨物輸送量)、エアコンやストーブなどの場合は冷房・暖房需要量、発電プラントの場合は発電量などが「サービス需要量」です。そして、将来の社会経済動向(人口、GDPなど)や産業構造などを考慮して、将来の必要なサービス需要量を推計します。次に、将来利用が可能となるものも含めた様々な技術情報(技術価格、効率、投入されるエネルギーの種類など)やエネルギー情報(エネルギー価格、エネルギーの需給に関する制約、温室効果ガス排出原単位など)のデータベースを作成し、その中から将来のサービス需要量を満たすために選択する技術の組み合わせを考えます。このとき、機器や設備の技術効率性の違いによって、同じ量のサービス需要量を得るために必要なエネルギーや資源の消費量が異なります。例えば、同じ人数で同じ距離を車で移動する際、従来型ガソリン車と高効率ハイブリッド車では消費されるエネ



■ 図4 技術選択モデルによる推計手法の概要

ルギーの種類とその量が違います。

このように、選択した技術によってエネルギーや資源の消費量が異なるため、温室効果ガスや大気汚染物質などの排出量の推計結果も変わります。そのため、技術の組み合わせをどのように計算するかが重要です。この技術選択モデルでは、「人々は費用に対して合理的に行動する(費用の安い技術を選択する)」と仮定し、将来のサービス需要量を満たし、かつエネルギー供給、技術導入などの制約条件の範囲内で、総費用が最小化するような技術の組み合わせの選択を評価し、温室効果ガスや大気汚染物質などの排出量を推計しています。

す。また国によって宗教や食事など個別事情への対応が大変でした。最近では、留学生が増えたおかげでコミュニティができていて、独自に情報交換し、各自で対応するようになっていきます。

花岡：海外のある研究室では、以前にトレーニングを受けた人のテキストが引き継がれていて、その研究室から来る学生はすでに熱心にテキストを読んでくれていました。テキストが研究室で引き継がれて使われていることを聞くと嬉しくなります。

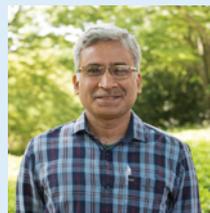
増井：トレーニングを積み重ねるごとに、テキストはどんどん改良されています。最終的には、講義を受けなくても、テキストを読んだだけでAIMが使えるようにしていきたいですね。

Q：今後人材育成をどのように進めていきたいですか。

増井：これからも、気候変動に取り組むための勉強をするなら国立環境研究所に行きたいと言われたいです。そのためにも、私たちはつねにこの分野のトップランナーでいるように努力する必要があります。また、これまで長い間人材育成に取り組んできたおかげで生まれた好循環を維持していきたいです。長く続けて、人のつながりを大切にしたいですね。

花岡：人材育成を続けてきて、時代の流れを感じます。これまでは気候変動に対する意識の低かった国も今で

これからも よい協力関係を



Rahul Pandey さん
(インドからのポスドク1期生)

1998年に国立環境研究所に3か月間滞在し、AIMを使った研究をしました。インドに帰国後も日本との共同研究を続け、何度か日本に来ています。現在は南インドのバンガロールで、経営・環境などに関するアセスメントの会社を経営しています。今回は夏休みを利用してソフトウェアの改良をするためにやって来ました。

ポスドクのときは技術を吸収しようとたくさん仕事をし、いろいろな経験ができました。AIMはよいシステムですし、AIMを使った研究を通してよい協力関係ができています。アジアの持続可能な発展に向けて、これからも協力していきたいです。

は関心が高まり、将来の目標を立てるようになりました。それに従ってSDGsなど新たなAIMへのニーズが生まれています。これからも、研究や人材育成を通して、アジアの持続可能な発展に貢献していきたいです。

コラム④

AIM を構成するモデル 2：経済モデルの概要

温暖化対策を行うためには費用の追加が必要となり、その費用の調達には別の支出を減らす必要があります。一方、温暖化対策により、エネルギーの費用が節約されれば、節約分を別の消費に使うことができます。省エネ機器の生産額が増えると、その生産に必要な活動も変化します。温室効果ガスの排出量は経済活動によって変化するので、温暖化対策も経済活動に影響を及ぼします。こうした経済活動と温室効果ガス排出削減の相互影響を評価するモデルが「経済モデル」です。

経済モデルの代表的なものがAIMでも使用している「応用一般均衡モデル」で、英語名(Computable General Equilibrium Model)の頭文字から「CGEモデル」と略されることもあります。生産者は売上から費用を差し引いた利潤を、家計(消費者)は消費によって得られる効用をそれぞれ最大にするように行動し、価格メカニズム(供給が必要を上回れば価格が低下し、逆では価格が上昇する)によってすべての財や生産要素(資本や労働)の市場が均衡する(需要と供給がバランスする)という考え方に基づいて、経済活動の大きさを計算します。CGEモデルは、世の中の

すべての市場や活動が均衡していることが前提のため、温暖化対策を導入すると、元の温暖化対策を導入していない場合の均衡状態が崩れ、経済活動にロスが生じる結果になります。また、現実の社会は、もともと不均衡(失業のように需要と供給が釣り合っていない、生産しても売れ残って廃棄されるなど)であるという考えに基づいて、あえて不均衡な要素を導入するCGEモデルもあります。

これに対して、「マクロ計量モデル」という経済モデルもあります。このモデルは、分析対象となる変数の間の関係を経済学の理論に基づいて推定することで構築されます。実際に観測された統計データに基づいていることから、世の中の不均衡な状況も含むため、温暖化対策への取り組み方によっては、経済活動にプラスの効果が生じる場合もあります。

マクロ計量モデルは構造変化の小さい短期的な予測には適しますが、中・長期の予測については、現状の産業構造が変わる可能性があるため、CGEモデルの方が適している場合が多いと考えて使用しています。いずれのモデルも、現実の社会に合わせてモデルの改良が行われています。

アジアの持続可能な発展に向けて

世界各地で、集中豪雨、干ばつ、熱波、強い台風などの異常気象が観測されるなど、気候変動の影響が現れています。また、大気汚染は、健康に影響を与えるだけでなく、生態系や建造物などにも影響を及ぼし、気候変動とともに地域規模の問題です。経済成長が加速するアジアでは、人々が現在の先進国の大量消費・大量生産型の生活スタイルを追従して消費水準を高めていくと、気候変動も大気汚染も悪化の一途をたどると考えられています。そこで、気候変動対策としてエネルギー源の選択が重要になりますが、さらに私たちは気候変動だけでなく大気汚染も同時に解決することを目指して研究に取り組んでいます。

アジアの環境問題：気候変動と大気汚染

経済成長が著しいアジア諸国では、石炭や石油などの化石燃料をエネルギー源とした工業化が進み、化石燃料の燃焼によるCO₂や大気汚染物質の排出量の急増が大きな問題になっています。特に、中国やインドなどで大気汚染物質による健康影響が問題になっています。また、近年、アジア域で排出された大気汚染物質が西風に乗って長距離を運ばれてくるため、九州や西日本の広い範囲で、大気汚染物質の濃度が増加しています。こうしたことから、アジアで急増する温室効果ガスの排出量を削減し、大気汚染を改善するためには、日本だけで排出量削減の対策を考えるのではなく、アジア諸国を含めた地球全体で協力して対策を進めることが、必要とされています。

気候変動に向けた世界の目標と国別の目標の現状

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第五次評価報告書によると、気候変動の原因となる温室効果ガスの排出削減対策を取らなければ、「今世紀末には地球全体の平均気温が現在と比べて4℃前後高くなる」と報告されています。また、2015年9月末までに国連気候変動枠組条約事務局に加盟国が提出した温室効果ガスの排出削減努力目標を合計しても、パリ協定で合意した「2℃目標」の達成には十分でなく、約100億トンCO₂eq(=2010年のアジア全体のCO₂排出量の合計に相当)以上のさらなる削減努力が必要と指摘さ

れています。各国において高い削減目標が掲げにくい理由の一つに、自国の社会・経済事情を最優先として数値目標が設定される点があります。また、温室効果ガスを排出する国と気候変動の影響を受ける国が異なり、気候変動を身近な問題として実感しにくい点も挙げられます。そこで、身近な問題として実感できる大気汚染のような視点も同時に考慮し、気候変動への対策の効果に注目することが大事だと考えています。

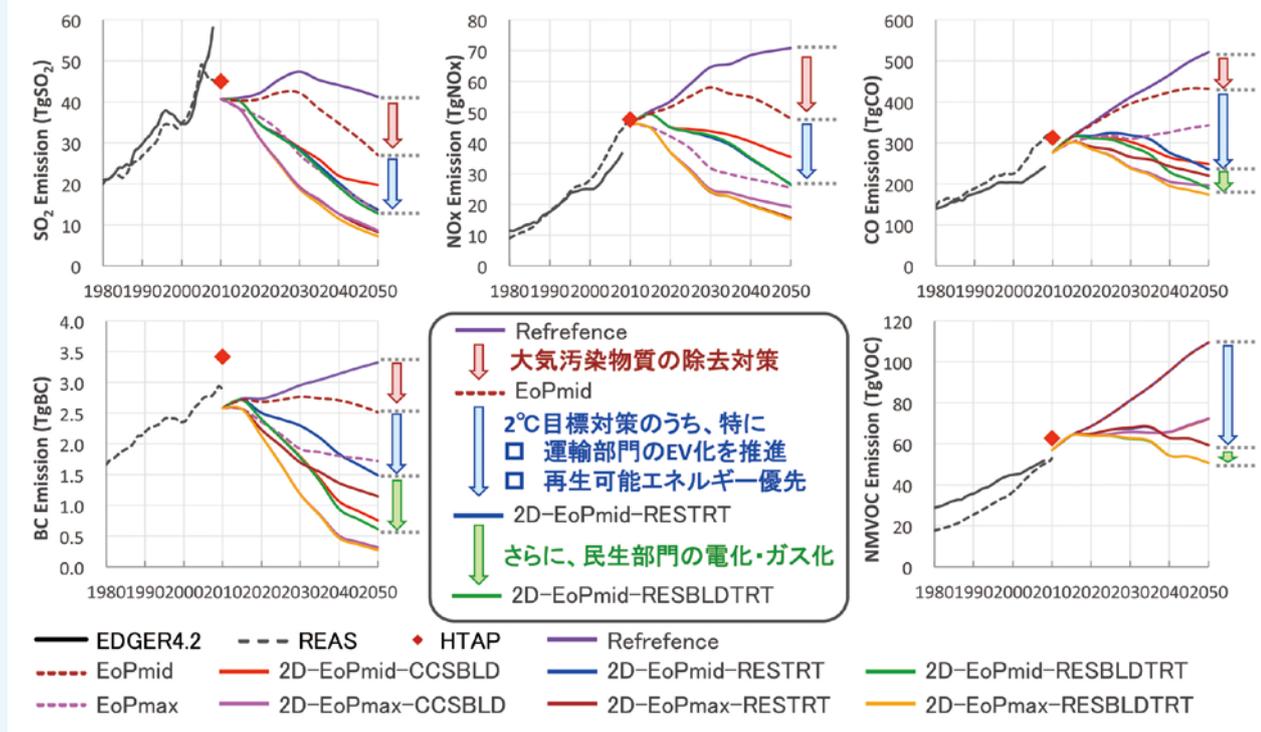
アジアにおける対策のポイント：大気汚染対策と気候変動対策の共便益に注目

では、どのような対策が有効なのでしょう？その理解のためには、まず、気候変動と大気汚染の原因物質とそれらの発生源、および環境への影響への特徴を把握する必要があります。温室効果ガスには、CO₂、メタン(CH₄)、亜酸化窒素(N₂O)、フロン類(CFCs、HCFCs、HFCs、PFCs、SF₆、NF₃)などがあります。また、大気汚染物質には、硫黄酸化物(SO₂)、窒素酸化物(NO_x)、ブラックカーボン(BC)、一酸化炭素(CO)、非メタン揮発性有機化合物(NMVOC)、対流圏オゾン(O₃)などがあります。CO₂と大気汚染物質(SO₂、NO_x、BC、CO)に注目すると、それらの発生源は共通して化石燃料であり、燃焼による排出量の割合が大きいことが知られています。そのため、化石燃料の消費に対する対策を考えれば、CO₂も大気汚染も削減することができます。

ただし、大気汚染物質には、BCや対流圏O₃のような温室効果を持つものやSO₂、NO_xのような冷却

シナリオグループ	シナリオコード名	グラフ	主な低炭素対策・大気汚染対策・短寿命気候汚染物質対策の組合せ					
			除去対策強化	2℃目標低炭素対策	CO ₂ 回収貯留(CCS)強化	再生可能エネルギー強化	民生部門電化強化	運輸部門電化強化
なりゆき	Ref							
除去対策のみ	EoPmid		Mid					
	EoPmax		Max					
2℃目標 +除去対策	2D-EoPmid-CCSBLD		Mid	✓	✓		✓	
	2D-EoPmax-CCSBLD		Max	✓	✓		✓	
	2D-EoPmid-RESTR		Mid	✓		✓		✓
	2D-EoPmax-RESTR		Max	✓		✓		✓
	2D-EoPmid-RESBLDTR		Mid	✓		✓	✓	✓
	2D-EoPmax-RESBLDTR		Max	✓		✓	✓	✓

■表1 複数の将来シナリオの概要
現状が続く「なりゆき」に、大気汚染の原因物質を削減する「除去対策」、さらに2℃目標の達成に向けた対策を加えた「2℃目標+除去対策」の3つのシナリオグループを策定しました。「除去対策」は対策の強さをMid(強化継続)、Max(最大)としています。また、2℃目標の達成に向けて、さらに強化を進める重要な対策を右4つの欄に示しています。



効果を持つものなど、気候変動に正または負の影響を与えるものがあることに注意が必要です。たとえば、化石燃料から再生可能エネルギーへ転換した場合、化石燃料の燃焼によるSO₂、NO_xなどの大気汚染物質が減り、健康や生態系などへの影響は軽減しますが、同時に地域的な冷却効果が減り、気候変動を促進する可能性もあります。そこで近年、大気汚染物質であり温室効果を持つ対流圏O₃やBCの削減に注目が集まっています。これらは、大気中の寿命(大気中に残存する期間)が数日から十数年と比較的短いため、短寿命気候汚染物質(SLCP: Short-Lived Climate Pollutant)と呼ばれています。SLCPを早期に大幅に削減することは、気候変動の抑制にも大気汚染の軽減にも効果があると期待されています。

「気候変動」と「大気汚染」の同時解決に向けたアジアにおける対策

「2°C目標の達成に向けた気候変動対策と健康影響や環境影響の軽減対策を同時に実現し、さらに2°C目標の実現性を高めるための早期のSLCP削減」を目指すような将来シナリオを国際的に議論することが重要になります。また、近年では1.5°C目標も議論されています。このとき、ガスの種類によって主な発生源や発生量が異なり、また対策の種類によって削減効果が異なるため、発生源の特徴に応じて適切に対策を組み合わせることが大切です。これは、対策の組み合わせ次第で、ある対策による削減効果が別の対策によって相殺される場合もあるからです。

そこで、世界を対象とした技術選択モデル(AIM/Enduseモデル)を用いて、多数の将来シナリオを「探索」しました。最終的に表1に示した9つのシナリオ

■ 図5 複数の将来シナリオの検討: アジアのSLCP、大気汚染物質の排出経路の例

表1に基づいて対策の導入強度および組み合わせを考慮して試算したアジアにおける主要なガス種の排出経路の違いを図5に示します。その結果、1) BCを大幅削減しつつ、健康影響を考慮してSO₂も十分に削減し、2) 対流圏O₃の抑制のために前駆物質であるNO_x、CO、NMVOCを削減し、3) 大気中CH₄増加の抑制のためにNO_xとCOを同時に削減し、かつ4) SO₂、NO_x、NMVOC削減による地域的な冷却効果の低減(=気候変動影響の増加)による相殺効果、を考慮すると、「2°C目標を実現する対策を取りつつ、特に再生可能エネルギー強化、民生・運輸での電化促進、汚染除去対策は強化継続を進める(2D-EoPmid-RESBLDTRT)」シナリオが、総合的に気候変動と大気汚染を同時に解決するシナリオとして有効だと考えられます。

について、対策の組み合わせによる相乗効果や相殺効果の傾向を解析しました。その結果、アジア全体では、CO₂排出経路は類似していても、対策技術の組み合わせ次第で、大気汚染物質やSLCPの排出経路は大きく異なることが分かりました(図5)。

SLCPの早期の削減対策として、BCやCH₄の排出源に対して「直接的な削減対策」を選択したときと、対流圏O₃の前駆物質であるNO_x、CO、NMVOCの排出源に対してそれぞれ対策を取ったことによって対流圏O₃生成を抑制する「間接的な削減対策」に注目しました。すると、1) 発電部門における電源構成、2) 発電・産業部門におけるCO₂回収貯留、3) 家庭・業務・運輸部門における電化率の促進、4) 発電・産業・運輸部門における大気汚染物質の除去装置の導入の促進、の主に4つの対策が気候変動と大気汚染の双方の解決に効果的であることが分かりました。気候変動と大気汚染の同時解決に向けて、大気汚染物質による気候変動への影響と健康や生態系などへの影響を総合的に考慮して、これからもアジアの研究者と協力して具体的な研究を進めていきます。

科学と政策をつなぐ統合評価モデル

2℃目標や1.5℃目標の実現に向けては、経済発展と大幅な温室効果ガス排出量の削減をいかに実現するかが重要となります。この対策の基礎情報を提供してくれるのがAIMを含めた統合評価モデルです。ここでは、こうした統合評価モデルの動向について解説します。

世界の動向

気候変動問題を解析し、有効な対策を検討するには、様々な学問領域の知見が必要です。しかし、気候変動問題のメカニズムを100%解明してから、解決策を探っているのは手遅れになってしまいます。そこで、科学者は常に最新の科学的な知見を束ねて、政策決定者に伝え、一方、政策決定者は政策に必要な情報を科学者に伝えることが重要です。気候変動に関する様々な知見をとりまとめるとともに、政策決定者と科学者との仲立ちをするのが統合評価で、統合評価モデルは、この統合評価という知見をモデルという形で取りまとめたものといえます。世界では様々な研究チームが独自の統合評価モデルを開発し、分析しています。2018年にノーベル経済学賞を受賞したNordhaus教授のDICEモデル、RICEモデルも、規模は小さいですが統合評価モデルの一つです。

コラム1で述べたようにモデルは、開発者の考えに影響をされます。このため、様々なモデルの結果を集めて、結果のバラツキの程度を検討するモデル比較研究が行われています。異なるモデルで計算しても同じような結果が出れば、その結果の蓋然性は高いと考え

られるからです。代表的なモデル比較研究は、スタンフォード大学が主宰してきたEMF(エネルギーモデリングフォーラム)です。このフォーラムでは、AIMをはじめ世界の多くの研究チームが参加し、様々な施策を評価しています。また、IAMC(統合評価モデリングコンソーシアム)でも、年次会合を毎年開催し、モデル間の情報交流等を行っています(図6)。こうしたモデルの比較研究は、モデルのもつ不確実性を補えるので有用ですが、参加するモデルの結果が徐々に集約する傾向にあることも指摘されています。

このほか、COP21の前にはIDDRI(持続可能な開発・国際関係研究所)とSDSN(持続可能な開発ソリューション・ネットワーク)が中心となって、DDPP(大幅な脱炭素に向けた道筋プロジェクト)と名付けられた国際研究が行われました。これは、世界16カ国の研究者が集まり、2℃目標を実現する各国の温室効果ガスの大幅削減に向けた政策を評価するもので、AIMを使う国として、日本、インドネシア、中国、インド等が参加しました。このプロジェクトは、その後はEUの予算により、新しい国際共同研究として受け継がれ、発展しています。特に欧州では、モデルによる計算とともに、様々なステークホルダーによる議論が一般的に行われています。

AIMによる途上国支援でも、同じモデルを各国に適用しています。モデルの違いによる結果のバラツキは評価できませんが、モデルが共通なので、他の国の結果と比較や評価がしやすいという利点があります。

日本の動向

日本では、1997年に京都で開催されたCOP3の前に、国立環境研究所がAIM/Enduseモデルを用いて2010年の二酸化炭素排出削減量の予測を示しました。これに対して、計算の際の入力条件としていた鉄鋼生産量や自動車の燃費改善率が違っているだけなのに「モデルそのものが理論的に崩壊した」とモデル全体が間違っているかのような非難を受けました。当時は、モデルを政策に活用するという考えはなく、また、削減目標の議論そのものもオープンではなく、各部門



■ 図6 国立環境研究所で開催したIAMC第6回年次会合(2013年10月28-30日)

統合評価モデル開発に関わる世界中の研究者が、持ち回りで年次会合を主催し、最新の研究成果に関する意見交換やIPCCへの貢献等について議論しています。国立環境研究所も議論に参加するとともに、アジアで開催された年次会合のうち第3回、第6回、第12回はつくばで開催しています。第9回は、AIMメンバーであるJiang博士により北京で開催されました。

<http://www.globalchange.umd.edu/iamc/annual-meetings/>

(各業界)が示した数字を積み上げるというものでした。

2008年に始まった2020年の排出削減目標に関する議論では、オープンな議論を目指して中期目標検討委員会が組織され、その下に作られたワーキングチームで削減目標の定量化が行われました。国立環境研究所が参加したワーキングチームでは、世界を対象とした技術選択モデル(費用や削減ポテンシャルにおいて欧米との違いを比較するため)、日本を対象とした技術選択モデル(詳細な対策技術の組み合わせを検討するため)、日本を対象とした経済モデル(対策による経済影響を評価するため)の3種類のモデルが使われました。2009年6月には、これらの議論を踏まえて、麻生総理大臣(当時)が日本の中期目標を「国内対策として2005年比15%削減(1990年比8%削減)」に決定しました。このときの作業はモデル研究者にとって作業が大変でトラウマにもなっていますが、統合評価モデルとしては理想的なモデルの使われ方であったと思っています。

その後、鳩山総理大臣(当時)が、2020年の排出量を1990年比で25%削減するという目標を国連で宣言し、それをどう実現するかがモデルに対して問われるようになりました。前述の中期目標検討委員会でも1990年比で25%削減は選択肢の一つとしてあげられていましたが、想定されている社会・経済シナリオと技術の組み合わせでは達成できないというのが、その時のモデル側からの答えでした。総理大臣が変わったからといって同じ前提では答えが変わるはずがないのですが、「25%削減は実現できない」という結果に対して、「モデルはだめだ」などとも言われました。その後、逆にモデルに対してどうすれば25%削減を達成できるのかという問いに対する答えが求められるようになり、中央環境審議会において社会・経済の姿や技術が普及する速度などの前提そのものも含めて25%削減を達成する道筋が議論されるようになりました。

しかしながら、2011年3月の東日本大震災と東京電力福島第一原子力発電所の事故が、この議論に大きな影響を及ぼします。というのも、2020年に25%削減を実現するための議論の中で、発電部門では原子力発電のシェアを高めるのが有効という結果を示していたためです。そのため、エネルギー源の組み合わせを含めた将来シナリオが一から見直されることになりました。モデルに対しては、原子力発電の比率、経済成長率、温暖化対策の強度など、将来の不確実性に関する要素について様々な注文が出され、モデルは水晶



■ 図7 AIM 国際ワークショップ

上段: 第1回 AIM 国際ワークショップ (1996年2月1日)

下段: 第24回 AIM 国際ワークショップ (2018年11月5-6日)

1995年度から国立環境研究所で毎年開催している国際ワークショップ。アジアの研究者を招へいし、各国の成果を共有するとともに、今後の共同研究について議論しています。開始当時は20名足らずの参加者でしたが、現在では80名を超え、若手研究者のためのポスターセッションも設けています。これまでのワークショップは http://www-iam.nies.go.jp/aim/aim_workshop/index_j.html を参照して下さい。

玉のように最も望ましい結果を示すものといった誤った期待が寄せられました。すべての注文に対応しようとして多くのシナリオが設定され、その結果、多くの計算結果が示されました、このため、最終的には「モデルはわからない」という結末に至ってしまいます。

さらに、2013年以降は、原子力発電の議論を避けるためか、モデルの結果そのものが公の場で議論されることはあまり見られなくなりました。2019年6月に閣議決定された「長期低炭素発展戦略(パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略)」についても同様です。

モデルの役割は、将来の排出削減目標や想定された前提が整合的かどうかをチェックし、オープンな議論に必要な情報を提供することです。モデルそのものが将来を決定するわけではありませんが、残念ながら現在はモデルが効果的に使われているとは言えません。モデルのトレーニングでは、モデルそのものの解説だけではなく、こうした日本におけるこれまでの歴史や世界における取り組み例も併せて紹介し、効果的、効率的な気候変動対策が自律的に行われるように支援しています。

国立環境研究所における 「AIMモデルの開発に関する研究」のあゆみ

国立環境研究所では、統合評価モデル AIM と将来シナリオの開発に関する研究を行っています。
ここでは、その中から、アジアにおける人材育成に関するものについて、そのあゆみを紹介します。

年度	課題名
1990	アジア太平洋地域における温暖化対策分析モデル(AIM)の構築に関する予備的研究 *1
1991-1993	アジア太平洋地域における温暖化対策分析モデル(AIM)の構築に関する研究 *1
1994-1996	アジア太平洋地域における温暖化対策分析モデル(AIM)の開発に関する途上国等共同研究 *1
1997-1999	アジア太平洋地域における温暖化対策統合評価モデル(AIM)の適用と改良に関する途上国等共同研究 *1
2000-2004	アジア太平洋地域統合モデル(AIM)を基礎とした気候・経済発展統合政策の評価手法に関する途上国等共同研究(B54)*1
2001-2005	地球温暖化の影響評価と対策効果プロジェクト(重点特別研究プロジェクト)
2004-2008	脱温暖化社会に向けた中長期的政策オプションの多面的かつ総合的な評価・予測・立案手法の確立に関する総合研究プロジェクト(S-3) テーマ1:温暖化対策評価のための長期シナリオ研究 *1
2005-2007	アジア太平洋統合評価モデルによる地球温暖化の緩和・適応政策の評価に関する研究(B52)*1
2006-2010	脱温暖化社会の実現に向けたビジョンの構築と対策の統合評価(地球温暖化研究プログラム中核研究プロジェクト4)
2008-2010	統合評価モデルを用いた気候変動統合シナリオの作成及び政策分析(A-0808)*1
2009-2013	アジア低炭素社会に向けた中長期的政策オプションの立案・予測・評価手法の開発とその普及に関する総合的研究(S-6) テーマ1:アジアを対象とした低炭素社会実現のためのシナリオ開発 *1
2011-2015	低炭素社会に向けたビジョン・シナリオ構築と対策評価に関する統合研究(地球温暖化研究プログラムPJ3)
2011-2013	統合評価モデルを用いた世界の温暖化対策を考慮したわが国の温暖化政策の効果と影響(2A-1103)*1
2014-2018	SLCPの環境影響評価と削減パスの探索による気候変動対策の推進(S-12) テーマ2:統合評価モデルの改良とそれを用いた将来シナリオの定量化 *1
2014-2016	わが国を中心とした温室効果ガスの長期削減目標に対応する緩和策の評価に関する研究(2-1402)*1
2016-2020	世界を対象とした低炭素社会実現に向けたロードマップ開発手法とその実証的研究(低炭素研究プログラムPJ3)
2016-2020	世界及びアジアを対象とした持続可能シナリオの開発に関する研究(統合研究プログラムPJ1)
2017-2019	パリ協定気候目標と持続可能開発目標の同時実現に向けた気候政策の統合分析(2-1702)*1
2019-2021	アジアにおける温室効果ガス排出削減の深掘りとその支援による日本への裨益に関する研究(2-1908)*1

*1 環境省 環境研究総合推進費

本号で紹介した研究は、以下の機関、スタッフにより実施されました(敬称略、順不同)。

〈研究担当者〉

国立環境研究所(現職員):増井利彦・花岡達也・高橋潔・脇岡靖明・花崎直太・金森有子・芦名秀一・五味馨・岡田将誌・岡和孝・高倉潤也・Diego Silva Herran
国立環境研究所(旧職員):西岡秀三・森田恒幸(故人)・甲斐沼美紀子・原澤英夫・増田啓子・藤野純一
京都大学:松岡謙・倉田学児(故人)・島田洋子・河瀬玲奈・藤森真一郎・大城賢
立命館大学:島田幸司・長谷川知子
みずほ情報総研:日比野剛・藤原和也・吉川実・元木悠子・滝見真穂・平山智樹
Ekonzal:榎原友樹・越智雄輝

国立環境研究所特別研究員・研究生等:

(日本) 明石修(武蔵野大学)・白木裕斗(滋賀県立大学)・本城慶太(埼玉県環境科学センター)
(韓国) DongKun Lee(ソウル国立大学)・TaeYong Jung(延世大学)・Chan Park(ソウル市立大学)
(中国) Kejun Jiang(国家発展と改革委員会エネルギー研究所)・Hongwei Yang(同)・Yue Wan(中国生態環境部)・Hancheng Dai(北京大学)・Yang Xie(北京航空航天大学)・Rui Xing(アルバータ大学)・Jingyu Liu(上海交通大学)・Runsen Zhang(広島大学)・Zhaoling Li・Gen Li・Mei-Mei Xue(北京工業大学)
(インド) Rahul Pandey(インド統合システム分析研究所)・Ashish

Rana(リライアンス・インダストリーズ)・Rajesh Nair(タマラ・オンライン)・Aashish Deshpande(国立教員養成研究所)・Shivika Mittal(コーク大学)・Satish Kumar Yawale(インドネシア) Marissa Malahayati・Abdullah Ambiyah(タイ) Tanawat Boonpanya

その他海外との共同研究者:

(中国) Xiulian Hu(国家発展と改革委員会エネルギー研究所)・Daiqing Zhao(中国科学院 広州エネルギー研究所)
(インド) P.R.Shukla(アーメダバード大学)・Manmohan Kapshe(モラーナ・アザット国立工業大学)
(タイ) Bundi Limmeechokchai(タマサート大学)
(インドネシア) Rizaldi Boer(ボゴール農業大学)・Retno Gumilang Dewi・Ucok Welo Risma Siagian(バンドン工科大学)
(マレーシア) Ho Chin Siong(マレーシア工科大学)
(ネパール) Ram Manohar Shrestha(アジア工科経営大学)
(ベトナム) Tung Lam Nguyen(自然資源環境戦略政策研究所)
(カンボジア) Hak Mao(環境省)
(ブータン) Tshewang Dorji(国家環境委員会)
(ラオス) Khamphilavanh Boun Eua(天然資源環境省)
(台湾) Yi-Hua Wu(工業技術研究院)
(米国) Jae Edmonds(PNNL)・Ronald Sands(農務省)
(オーストラリア) Nebojsa Nakicenovic(IIASA)

● 過去の環境儀から ●

これまでの環境儀から、統合評価モデル AIM と将来シナリオの開発に関する研究や、アジアにおける人材育成に関するものを紹介します。

No.61 「『適応』で拓く新時代！—気候変動による影響に備える」

気候変動は、世界各地で様々な分野に影響を及ぼしています。日本でも、サクラの開花の早まりやイロハカエデの紅葉の遅れ、高山生態系の消失、農作物の品質低下や栽培適地の移動、感染症を媒介する蚊の分布域の北上などが報告されています。気候変動による影響の進行を食い止める対策には、温室効果ガスを削減する「緩和」と、気候変動による影響に対処する「適応」の2つがあります。本号では「適応」に関する最新の研究成果を紹介しています。

No.42 「環境研究 for Asia/in Asia/with Asia —持続可能なアジアに向けて」

アジアの多くの国や地域では、急速な経済発展と共に、日本が高度成長期から今日に至るまでに経験してきた、大気汚染、水質汚濁、廃棄物の問題、化学物質の問題、自然破壊、地球温暖化などの問題が同時に深刻化しています。国立環境研究所では、これらの問題を解決しつつ、アジアの持続可能な社会を実現することをめざして、研究に取り組んできました。本号では、これらのアジアの研究の取組みの中から、国境を越えた大気汚染に関する研究、アジアでの河川から海に至る水環境の研究、そしてメコン流域の生態系がもつ機能に関する研究の成果を中心に紹介しています。

No.36 「日本低炭素社会シナリオ研究 — 2050年温室効果ガス70%削減への道筋」

地球温暖化による深刻な影響を止めるために、将来気温の上昇を産業革命以前に比べて2℃までに抑えるためには、2050年までに世界の温室効果ガスの排出量を少なくとも半減させる必要性が高い——これは世界共通の目標となりつつあります。しかし、これまで日本には、二酸化炭素排出量を大幅に削減することを目指した長期的な計画は存在しませんでした。そこで、国立環境研究所が中心となり、2004年から、「脱温暖化2050プロジェクト」を立ち上げ、日本の中長期脱温暖化対策シナリオの構築に向けた研究に取り組んでいます。本号では、この研究プロジェクトの研究成果を紹介しています。

No.2 「地球温暖化の影響と対策 AIM

—アジア太平洋地域における温暖化対策統合評価モデル」

地球温暖化はアジアにどんな影響を及ぼすのでしょうか？本号では、国立環境研究所が開発に取り組んできた「アジア太平洋地域における温暖化対策統合評価モデル (AIM)」を取り上げ、アジアと共に研究する姿を紹介しています。

環境儀 No.74

—国立環境研究所の研究情報誌—

2019年9月30日発行

編集 国立環境研究所編集分科会

(担当 WG: 増井利彦、花岡達也、江守正多、中村省吾、岩崎一弘、滝村朗)

発行 国立研究開発法人 国立環境研究所

〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2

問合せ先 国立環境研究所情報企画室 pub@nies.go.jp

編集協力 有限会社サイテック・コミュニケーションズ

印刷製本 株式会社イセブ

無断転載を禁じます

「環境儀」既刊の紹介

No.28 2008年 4月	森の息づかいを測る—森林生態系のCO ₂ フラックス観測研究	No.51 2014年 1月	旅客機を使って大気を測る—国際線で世界をカバー
No.29 2008年 7月	ライダーネットワークの展開—東アジア地域のエアロゾルの挙動解明を目指して	No.52 2014年 4月	アオコの有毒物質を探る—構造解析と分析法の開発
No.30 2008年 10月	河川生態系への人為的影響に関する評価—よりよい流域環境を未来に残す	No.53 2014年 6月	サンゴ礁の過去・現在・未来—環境変化との関わりから保全へ
No.31 2009年 1月	有害廃棄物の処理—アスベスト、PCB 処理の—翼を担う分析研究	No.54 2014年 9月	環境と人々の健康との関わりを探る—環境疫学
No.32 2009年 4月	熱中症の原因を探る—救急搬送データから見るその実態と将来予測	No.55 2014年 12月	未来につながる都市であるために—資源とエネルギーを有効利用するしくみ
No.33 2009年 7月	越境大気汚染の日本への影響—光化学オキシダント増加の謎	No.56 2015年 3月	大気環境中の化学物質の健康リスク評価—実験研究を環境行政につなげる
No.34 2010年 3月	セーリング型洋上風力発電システム構想—海を旅するウィンドファーム	No.57 2015年 6月	使用済み電気製品の国際資源循環—日本とアジアで目指す E-waste の適正管理
No.35 2010年 1月	環境負荷を低減する産業・生活排水の処理システム—低濃度有機性排水処理の「省」「創」エネ化—	No.58 2015年 9月	被災地の環境再生をめざして—放射性物質による環境汚染からの回復研究
No.36 2010年 4月	日本低炭素社会シナリオ研究—2050年温室効果ガス70%削減への道筋	No.59 2015年 12月	未来に続く健康を守るために—環境化学物質の継世代影響とエピジェネティクス
No.37 2010年 7月	科学の目で見る生物多様性—空の目とミクロの目	No.60 2016年 3月	災害からの復興が未来の環境創造につながるまちづくりを目指して—福島発の社会システムイノベーション
No.38 2010年 10月	バイオアッセイによって環境をはかる—持続可能な生態系を目指して	No.61 2016年 6月	「適応」で拓く新時代!—気候変動による影響に備える
No.39 2011年 1月	「シリカ欠損仮説」と海域生態系の変質—フェリーを利用してそれらの因果関係を探る	No.62 2016年 9月	地球環境100年モニタリング—波照間と落石岬での大気質監視
No.40 2011年 3月	VOCと地球環境—大気中揮発性有機化合物の実態解明を目指して	No.63 2016年 12月	「世界の屋根」から地球温暖化を探る—青海・チベット草原の炭素収支
No.41 2011年 7月	宇宙から地球の息吹を探る—炭素循環の解明を目指して	No.64 2017年 3月	PM _{2.5} の観測とシミュレーション—天気予報のように信頼できる予測を目指して
No.42 2011年 10月	環境研究 for Asia/in Asia/with Asia —持続可能なアジアに向けて	No.65 2017年 6月	化学物質の正確なヒト健康への影響評価を目指して—新しい発達神経毒性試験法の開発
No.43 2012年 1月	藻類の系統保存—微細藻類と絶滅が危惧される藻類	No.66 2017年 9月	土壌は温暖化を加速するのか?—アジアの森林土壌が握る膨大な炭素の将来
No.44 2012年 4月	試験管内生命で環境汚染を視る—環境毒性の <i>in vitro</i> バイオアッセイ	No.67 2017年 12月	遺伝子から植物のストレスにせまる—オゾンに対する植物の応答機構の解明
No.45 2012年 7月	干潟の生き物のはたらきを探る—浅海域の環境変動が生物に及ぼす影響	No.68 2018年 3月	スモッグの正体を追いかける—VOCからエアロゾルまで
No.46 2012年 10月	ナノ粒子・ナノマテリアルの生体への影響—分子サイズにまで小さくなった超微小粒子と生体との反応	No.69 2018年 6月	宇宙と地上から温室効果ガスを捉える—太陽光による高精度観測への挑戦
No.47 2013年 1月	化学物質の形から毒性を予測する—計算化学によるアプローチ	No.70 2018年 9月	和風スマートシティづくりを目指して
No.48 2013年 4月	環境スペシメンバンキング—環境の今を封じ込め未来に伝えるバトンリレー	No.71 2018年 12月	人口分布と環境—コンパクトなまちづくり
No.49 2013年 7月	東日本大震災—環境研究者はいかに取り組むか	No.72 2019年 4月	うみの見張り番—植物プランクトンを使った海洋開発現場の水質監視
No.50 2013年 10月	環境多媒体モデル—大気・水・土壌をめぐる有害化学物質の可視化	No.73 2019年 6月	アオコの実像—シアノバクテリアの遺伝子解析からわかること

●環境儀のバックナンバーは、国立環境研究所のホームページでご覧になれます。
<http://www.nies.go.jp/kanko/kankyogi/index.html>

「環境儀」



地球儀が地球上の自分の位置を知るための道具であるように、「環境儀」という命名には、われわれを取り巻く多様な環境問題の中で、われわれは今どこに位置するのか、どこに向かおうとしているのか、それを明確に指し示すべしという意図が込められています。「環境儀」に正確な地図・行路を書き込んでいくことが、環境研究に携わる者の任務であると考えています。

2001年7月 合志 陽一
 (環境儀第1号「発刊に当たって」より抜粋)



このロゴマークは国立環境研究所の英語文字 N.I.E.S. で構成されています。N= 波(大気と水)、I= 木(生命)、E.S. で構成される○で地球(世界)を表現しています。ロゴマーク全体が風を切って左側に進むとする動きは、研究所の運動性・進歩・向上・発展を表現しています。

リサイクル適性 (A)

この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。